

(19) 日本国特許庁 (J.P.)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-260056

(P 2000-260056 A)

(43) 公開日 平成12年9月22日 (2000. 9. 22)

(51) Int. Cl.

G11B 7/135

識別記号

F I

テマコード (参考)

G02B 13/00

13/18

G11B 7/135

Z

Maruyama  
09/473,684

G02B 13/00

A

13/18

審査請求・未請求 請求項の数10 O.L. (全11頁)

(21) 出願番号 特願2000-832 (P 2000-832)

(71) 出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(22) 出願日 平成12年1月6日 (2000. 1. 6)

(72) 発明者 丸山 晃一

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光

学工業株式会社内

(31) 優先権主張番号 特願平11-2563

(74) 代理人 100098235

弁理士 金井 英幸

(32) 優先日 平成11年1月8日 (1999. 1. 8)

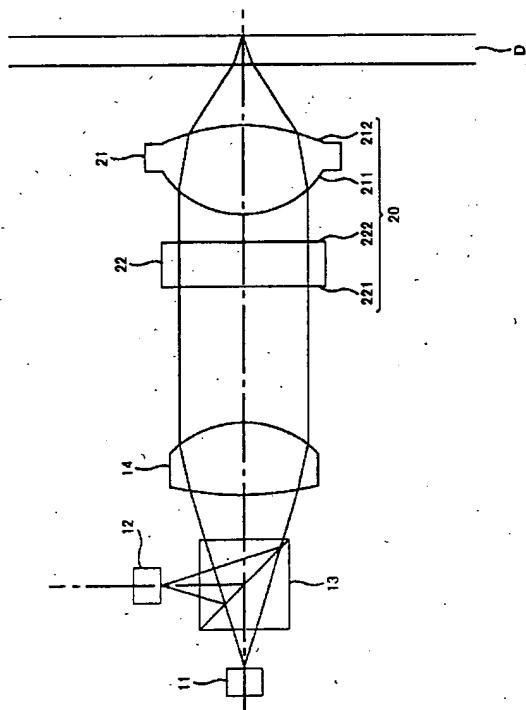
(33) 優先権主張国 日本 (J.P.)

(54) 【発明の名称】複合対物レンズ、球面収差補正素子及び光情報記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 屈折型対物レンズを一枚のみ含むとともに基板(光透過層)の厚さが互いに異なる複数種の光情報記録媒体の記録再生に用いられる複合対物レンズを、提供する。

【解決手段】 屈折型対物レンズ21とともに用いられる球面収差補正素子22は、その一方のレンズ面221上に、光軸を中心とした輪帯状のパターンとして回折レンズ構造が形成されている。この回折レンズ構造は、入射光の波長が長波長側にシフトした際に、球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有している。記録再生対照としてセットされたディスクの基板の厚さに対応した発振波長のレーザーが、選択的に用られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光束を光情報記録媒体上に集光する屈折型対物レンズと回転対称な位相型回折レンズ構造を持つ球面収差補正素子とからなる複合対物レンズと、異なる発振波長の複数のレーザー光源とを備え、

記録光情報記録媒体の基板の厚さに応じて前記レーザー光源を選択的に用いるとともに、

前記複合対物レンズは、前記光情報記録媒体の基板の厚さに対応した発振波長で前記レーザー光源から発された光ビークの、前記回折レンズ構造による同一回折次数の光を、前記光情報記録媒体の信号記録面に集光することを特徴とする光情報記録再生装置。

【請求項2】請求項1記載の光情報記録再生装置に用いられる複合対物レンズであって、前記屈折型対物レンズの光束入射側に前記球面収差補正素子が設置されていることを特徴とする複合対物レンズ。

【請求項3】請求項1記載の光情報記録再生装置に用いられる球面収差補正素子であって、巨視的に平面の基盤上に位相型回折レンズ構造を持つことを特徴とする球面収差補正素子。

【請求項4】請求項1記載の光情報記録再生装置に用いられる球面収差補正素子であって、巨視的に非球面の屈折型レンズ上に位相型回折レンズ構造を持つことを特徴とする球面収差補正素子。

【請求項5】前記回折レンズ構造は、入射光の波長が長波長側に変化した際に、球面収差が補正不足側に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項3又は4記載の球面収差補正素子。

【請求項6】前記回折レンズ構造による光路長の付加量を、光軸からの高さ $h$ 、 $n$ 次(偶数次)の光路差関数係数 $P_n$ 、波長 $\lambda$ を用いて、

$$\phi(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times \lambda$$

により定義される光路差関数 $\phi(h)$ により表したとき、2次の光路差関数係数 $P_2$ 、前記屈折型対物レンズで集光された際にNA0.45相当射出角になる光線が回折構造の存在する面を通過する高さを $h_{15}$ として、

$$-15 < \phi(h_{15}) / \lambda - P_2(h_{15})^2 < -7$$

の条件を満たすことを特徴とする請求項5記載の球面収差補正素子。

【請求項7】前記回折レンズ構造が形成された面の少なくとも光軸から有効径の85%の高さから有効径の100%の高さまでの周辺領域が、段差を持たない連続面であることを特徴とする請求項3乃至6の何れかに記載の球面収差補正素子。

【請求項8】前記屈折型対物レンズの光束入射側の面の周辺部における前記回折レンズ構造の段差が、前記光軸近傍の段差を決定する波長より短い波長 $\lambda$ に対して1倍の光路差を与えることを特徴とする請求項2記載の複合対物レンズ。

【請求項9】前記位相型回折レンズ構造部の微視的な断面形状は光軸に垂直な輪帯状の平面で構成される階段状の形状であることを特徴とする請求項4乃至8の何れかに記載の球面収差補正素子。

【請求項10】前記光情報記録媒体の基板が厚いほど、長い発振波長のレーザー光源が用いられることを特徴とする請求項1記載の光情報記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、デジタルバーサタイルディスク(DVD)、コンパクトディスク(CD)、CD-R等の光情報記録再生装置の光ヘッドに使用される高NA(開口数)の複合対物レンズ及び球面収差補正素子、並びに、これらを用いた光情報記録再生装置に関し、特に、基板(光透過層)の厚さが異なるディスクを記録再生するための複合対物レンズ及び球面収差補正素子、並びに、これらを用いた光情報記録再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、光情報記録媒体であるCDの情報を記録及び再生するための光ピックアップ装置の各種光学系が知られており、また近年、従来のCDと同程度の光ディスクサイズでより大容量化させたDVDも販売されている。CDではレーザーは780nmから830nm程度の近赤外光を利用していたが、DVDでは、大容量化のため635nmから660nm程度の比較的短波長の赤色半導体レーザーを用い、また対物レンズのNAを0.6、透明基板厚みを従来のCDの半分の0.6mmとし、トラックピッチ、最短ピット長とともにCDに比して高密度化されている。

【0003】しかし、透明基板(光透過層)厚みが従来のCDと異なる0.6mmの規格であるため、DVD用の光学系で1.2mm厚のCDを再生しようとすると、ディスク厚さが厚い分で球面収差が過剰に補正され再生が可能な光スポット形状を得ることができない。

【0004】そこで、これら2つの光情報記録媒体の情報を記録再生するための光ピックアップ装置として、各種のレンズ系が知られている。

【0005】たとえば、特開平7-98431号公報に記載の方法によれば、情報ピックアップ装置上にホログラムを設け、これを透過する0次光と1次光の各々をDVDとCDに振り分けているので、それぞれの光情報記録媒体に関して回折限界性能を有するスポットを得ることができる。また特開平5-303766号公報にはディスクの厚みの違いによって発生する収差を打ち消すように、平行光束中に非球面でかつパワーのない光学素子を挿入する手法が、示されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特開平7-98431号公報に記載の、レーザー光源からの光束を異

なる回折次数光に分割してDVD用とCD用とする方法では、常に光情報記録媒体の情報記録面に向けて複数の光束が出射されるため、一つの光束で情報読み出しを行うときは他方の光束は読み出しには寄与しない不要光となり、ノイズ増大の要因となる。又レーザー光の利用効率は最大で40%程度にとどまるため、光量を増大させる場合には消費電力の増大とレーザー寿命が短くなるといった問題がある。また、特開平5-303766号公報に記載の方法のようにディスク基板の厚さに応じて非球面性を持つ素子の挿入をする方法では、素子の位置がずれると偏心コマ収差が発生するため、高い位置精度で素子を着脱する挿入機構が用意されなければならないといった問題がある。

【0007】一方で、1個の半導体レーザーを用いる方式では、DVD再生のために微小スポット形成のため635nmから660nmの波長の光源を使わざるを得ず、CD-Rを読むことができないという問題点がある。なお、この問題に鑑みて2個の半導体レーザー及び2組の対物レンズを用いる2ピックアップ方式も案出されているが、複数組の対物レンズを使用するとなると、部品点数が多くなってピックアップ全体が大型化することが避け得ない。本発明は、上述した従来技術の問題点に鑑みなされたものであり、その課題は、DVDとCD-Rのように基板(光透過層)の厚さが互いに異なる複数種の光情報記録媒体の記録再生に用いられる光ヘッド用の対物レンズであって、屈折型対物レンズの数を一枚にすることを可能とした光利用効率の高い複合対物レンズ、及び、この複合対物レンズに含まれる球面収差補正素子、並びに、これらを用いた光情報記録再生装置を提供することである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による光情報記録

$$\phi(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times \lambda \quad \dots(1)$$

により定義される光路差関数 $\phi(h)$ により表すことができる。

【0013】ここで、本発明による球面収差補正素子

$$-15 < \phi(h_{45}) / \lambda - P_2 (h_{45})^2 < -7 \quad \dots(2)$$

の条件を満たすことが望ましい。

【0014】また、回折レンズ面の周辺部は、光軸近傍の段差を決定する波長より短い波長入に対しても1入の光路差を与える微細な段差を持つことが望ましい。もしくは、光軸から有効径の85%の高さから有効径の100%の高さまでの周辺領域は、段差を持たない連続面とされることが望ましい。

【0015】巨視的に非球面の屈折型レンズ上に位相型回折レンズ構造を持つ球面収差補正素子の前記位相型回折レンズ構造部の微視的な断面形状は、光軸に垂直な輪帶状の平面で構成される階段状の形状であることが望ましい。

【0016】さらに、複数の光源から発散する光束を平

10

再生装置は、上記の目的を達成するため、光束を光情報記録媒体上に集光する屈折型対物レンズと回転対称な位相型回折レンズ構造を持つ球面収差補正素子との組み合わせからなる複合対物レンズと、異なる発振波長の複数のレーザー光源とを備え、記録光情報記録媒体の基板の厚さに応じて前記レーザー光源を選択的に用いるとともに、前記複合対物レンズは、前記光情報記録媒体の基板の厚さに対応した発振波長で前記レーザーから発された光ビームの、前記回折レンズ構造による同一回折次数の光を、前記光情報記録媒体の信号記録面に集光することを、特徴とする。

20

【0009】前述のように、光情報記録媒体(例えはディスク)の基板が厚くなると、球面収差は補正過剰となる方向に変化する。そこで、上記のように回折レンズ構造に波長変化に対する球面収差変化特性を持たせておき、光情報記録媒体の種別によって発振波長の異なる半導体レーザーを選択的に発光させることで、ディスク厚の違いによる球面収差の変化を打ち消すことができる。

【0010】この際、球面収差補正素子は、巨視的に平面の基盤上に位相型回折レンズ構造を持つか、巨視的に非球面の屈折型レンズ上に位相型回折レンズ構造を持ち、球面収差補正素子単独の球面収差発生量を小さくする形状とすることが、好ましい。

30

【0011】CD-Rの再生のためには、光情報記録媒体の基板が厚い場合により長波長の光源を用いることが、好ましい。そのときの回折レンズ構造は、入射光の波長が長波長側に変化した際に球面収差が補正不足となる方向に変化するような球面収差特性を有する構造であることが、望ましい。

【0012】ところで、回折レンズ構造による光路長の付加量は、光軸からの高さ $h$ 、 $n$ 次(偶数次)の光路差関数係数 $P_n$ 、波長入 $\lambda$ を用いて、

は、2次の光路差関数係数を $P_2$ 、前記屈折型対物レンズで集光された際にNA0.45相当射出角になる光線が回折構造の存在する面を通過する高さを $h_{45}$ として、

行光に変換するコリメート手段、及び、このコリメート手段を通り抜けた平行光を光記録媒体上に集光する集光手段を備え、前記平行光の光路中に位相型回折レンズ構造を持つ球面収差補正手段を挿入しても、良い。

## 【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる光記録再生装置における光学系の実施の形態を、説明する。

40

【0018】図1は、本実施形態にかかるDVD、CD、CD-R互換の、球面収差補正素子を用いた光情報記録再生装置を示す。この図1に示される光情報記録再生装置は、光源である半導体レーザー11、12から発したレーザー光を、ディスクD中の信号記録面に収束させる機能を有している。

50

【0019】詳しく説明すると、発振波長が互いに異なる2つの半導体レーザー光源11, 12から夫々射出されたレーザー光は、プリズムビームコンバイナ13により同一光路上に集められ、コリメートレンズ14に入射することによって平行光束化される。本実施形態を利用する際には、記録媒体の種別に依り11または12のレーザーが、選択的に点灯される。

【0020】複合対物レンズ20は、屈折型対物レンズ21と、回転対称な位相型回折レンズ構造を持つ球面収差補正素子22との組み合わせからなる。この屈折型対物レンズ21は、非球面である2つのレンズ面211, 212を有する両凸の樹脂製単レンズである。

【0021】また、球面収差補正素子22は、一方のレンズ面221あるいは222面に、図2、図3に示したように光軸を中心とした輪帯状のパターンとして、回折レンズ構造が形成されている。この回折レンズ構造は、フレネルレンズのように、各輪帯の境界に光軸方向の段差を持つ。図2は巨視的に平面の上に回折構造を形成した場合における球面収差補正素子22の正面図(a)及び縦断面図(b)である。また、図3は、巨視的に非球面の上に回折構造を形成した場合における球面収差補正素子22の正面図(a)及び縦断面図(b)である。これらの図は、段差を強調して描かれている。即ち、実際の段差の高さtは、回折効率を最大にする波長を入B、回折構造を設ける基盤の屈折率をnとして、ほぼ $t = \lambda B / (n - 1)$ となる $1\mu\text{m}$ 程度の微小な高さである。従って、輪帯も、実際には、十数段から数十段になる。

【0022】巨視的に平面の上に回折レンズ構造を形成

により定義される光路差関数 $\phi(h)$ により、表すことができる。 $P_2, P_4, P_6, \dots$ は、各々、2次、4次、6次、…の係数である。この表現形式では、2次の項の係数 $P_2$ が負の時に、近軸的に正のパワーを持ち、4次の項の係数 $P_4$ が正の時に、周辺に向かって負のパワーが漸増することとなる。

$$\phi(h) = (\text{MOD}(P_2h^2 + P_4h^4 + P_6h^6 + \dots + \text{Const}, 1) - \text{Const}) \times \lambda B \quad \dots(3)$$

上記式(4)において、 $\lambda B$ は、微細段差が $1\lambda$ の光路長差を与える波長であり、回折効率を最大にする波長になる。定数項 $\text{Const}$ は、輪帯の境界位置の位相を設定する定数であり、 $0 \leq \text{Const} < 1$ の範囲で任意の数とする。 $\text{MOD}(X, Y)$ は、XをYで割った剰余を与える関数である。 $\text{MOD}(P_2h^2 + P_4h^4 + \dots + \text{Const}, 1)$ の値が0になる

$$-15 < \phi(h_{45}) / \lambda - P_2(h_{45})^2 / (-7) \quad \dots(5)$$

の条件を満たすよう設計されている。

【0030】この条件を満たす場合には、ディスクの基板の厚さの違いによる球面収差の変化を、回折レンズの波長変化による球面収差の変化により良好に打ち消すことができる。条件式(5)の下限を下回る場合には、波長変化による球面収差の変化が過剰となる。一方、条件

する構造は、リソグラフィー技術で回折レンズ構造を作るのに適しており、巨視的に非球面の上に回折レンズ構造を形成する構造は、輪帯面を光軸に垂直な平面で構成できるため、旋盤で回折レンズ構造を作るのに適している。

【0023】いずれの場合であっても、球面収差補正素子22上に形成される回折レンズ構造は、入射光の波長が長波長側に変化した際に球面収差が補正不足となる方向に変化する球面収差特性を、有している。光ディスクを読み取る光学系の球面収差は、ディスクの基板(光透過層)が厚くなるとともに補正過剰となる方向に、変化する。

【0024】一方、光源として用いられる半導体レーザー11, 12としては、CD-R用には、780nm近傍の近赤外光を発するものが必要とされ、DVD用には、小さい集光スポットを作るために635nmから660nmの赤色光を発するものが用いられる。

【0025】そこで、上記のように、波長が長波長に変化した場合に球面収差が補正不足となる方向に変化する特性を回折レンズ構造に持たせるとともに、ディスクの基板が厚い場合に長波長の半導体レーザーを選択的に発光させることで、ディスクの基板が厚くなるにつれて補正過剰となる球面収差を、回折レンズ構造による補正不足方向に変化する球面収差の特性を利用して、打ち消すことができる。

【0026】球面収差補正素子22の回折レンズ構造による光路長の付加量は、光軸からの高さ $h$ 、n次(偶数次)の光路差関数係数 $P_n$ 、波長 $\lambda$ を用いて、

$$\phi'(h) = (\text{MOD}(P_2h^2 + P_4h^4 + P_6h^6 + \dots + \text{Const}, 1) - \text{Const}) \times \lambda B \quad \dots(4)$$

$h$ の点が、輪帯の境になる。ベース形状の上に、 $\phi'(h)$ の光路差を持つように、勾配、段差を設定する。

【0029】ここで、実施形態の球面収差補正素子22は、2次の光路差関数係数 $P_2$ 、NA 0.45相当の光線が回折構造の存在する面を通過する高さを $h_{45}$ として、

式(5)の上限を上回る場合には、球面収差の変化が不足となる。半導体レーザーの発振波長には個体差があるため、2つのレーザーの発振波長の選択により(5)式のなかで適当な値を選択することになるが、上下限からはずれたものでは2つのディスク厚に対応できない。

【0031】ところで、半導体レーザーの発振波長は、光記録装置における書き込み動作時のレーザー出力の変化等に伴う急激な変化がある。これによる焦点位置の変化は、焦点調節機構を用いても対応できないため、対物レンズの側で波長変動による焦点位置の変化を抑えることが望ましい。一般的には、この波長変動に対しては、軸上色収差の補正により対処が可能であるが、本実施形態による複合対物レンズ20は上記のように波長切換により球面収差を故意に発生させて波面収差の発生を防いでいるため、軸上の色収差が補正されると、かえって波長変動による最適書き込み位置のずれが大きくなってしまう。そこで、軸上色収差をあえて増加させたり分散の大きな材質でレンズを作ることで、球面収差変化と軸上色収差との間でバランスをとることができる。

【0032】2つのレーザー11、12から射出されるレーザー光の波長、即ち、基板（光透過層）の厚さが0.6mmである光ディスクの信号記録面に合焦する波長λ1と、基板（光透過層）の厚さが1.2mmである光ディスクの信号記録面に合焦する波長λ2の選択は、レーザーの発振波長の許容幅と回折効率に影響を与える。

【0033】たとえば、2つの波長λ1、λ2を657nmと780nmとに選んだ場合、657nmの収差付与量を基準として、780nmではさらに、1段あたり $(780 - 657) / 780 = 0.1577\lambda$ の波面収差が付け加わることになる。このため、選択するレーザー光の波長λ1とλ2との差が小さくなると、回折レンズ構造の段差数が多くなり、段差のエッジ部による光量損失が大きくなる。また単位波長あたりの球面収差発生量が大きくなりすぎると、半導体レーザーの個体差による発振波長の違いで許容量を超える球面収差が変化してしまいレーザーを発振波長で選別しなければならなくなる。λ1/λ2の比が小さくなると、波長依存性の回折効率の低下が起こるため、好ましくない。

【0034】λ1とλ2とに2割程度の波長差があると、波長依存性の回折効率の低下がある。図4に、回折効率を最大にする波長λBを650nmに選択した場合と700nmに選択した場合と770nmに選択した場合の回折効率のグラフを示す。λBをほぼ2つの半導体レーザーの波長λ1、λ2と同じ値に選択したとしても、図4に示されるように、選択されなかった波長に対しての回折効率も90%程度である。これは、2種類の基板の厚さに対し同一の次数を用いて対応するため、無理に2つの次数に光束を分割しなくて良いからである。したがって、光軸近傍の前記微細な段差は、前記2つの波長λ1とλ2の間の波長λBをレーザーのパワーの余裕などにより選択して、波長λBの光線が入射した場合に1λの光路長差を与えるよう決定するとよい。

【0035】また、球面収差補正素子22における回折レンズ構造が形成された面（以下、「回折レンズ面」と

いう）の周辺部の前記微細な段差の程度は、光軸近傍の段差を決定する波長より短い波長に対して1λの光路差を与える程度である。なお、光軸から有効径の85%の高さから有効径の100%の高さまでの周辺領域を、段差を持たない連続面にしても良い。このような構成にするのは、長波長側の集光スポットが小さくなりすぎるのを防ぐためである。

【0036】CDやCD-Rの再生には、NAは0.45あれば十分であり、DVD用に必要なNA0.60を確保するための有効口径の周辺部は、CD用には不要であるばかりでなく、逆に光束が絞られすぎ記録再生に悪影響を与えることもある。λBをλ1より短い波長に設定することでλ2に対する回折効率をより小さくしたり、λ1の2次回折光でブレーザ化することにより、波長λ1の光束の透過光量を落とさずに、波長λ2の光束の周辺部の光量を落とすことができる。また、周辺部は、段差を設けない連続面として、DVD専用に収差補正された面とすることもできる。一方、波長変化によって球面収差を変化させる本実施形態による複合対物レンズ20は、温度変化によって起こる屈折率の変化に起因する球面収差を、温度変化に起因する半導体レーザーの発振波長の変化による球面収差の発生で、打ち消す作用も併せ持つ。このため、屈折型対物レンズ21を温度上昇で屈折率が低下する樹脂で作った場合には、球面収差補正素子22の最周辺まで回折レンズ構造を設けたままとしておくことが好ましい。しかし、この場合でも、DVD用の光束の回折効率が上がるよう、段差の厚さはDVD用の短い波長に対して最適化することが望ましい。

【0037】さらに、複合対物レンズ20に入射する光束を平行光束としておくと、光源部（半導体レーザー光源10、11及びプリズムビームコンバイン13）と対物レンズ部（複合対物レンズ21）とを分離してそれらの間隔を可変にしても、複合対物レンズ20から射出された後の収差が変化しない。このため、光源部を固定し対物レンズ部のみを可動部として、高速なトラッキングが可能な光記録再生装置とする事ができる。

【0038】次に、上述した実施形態に基づく具体的な実施例を、3例提示する。いずれも、基板（光透過層）の厚さが0.6mmのディスクを利用するDVD用、及び、基板（光透過層）の厚さが1.2mmのディスクを利用するCD、CD-R用の兼用の複合対物レンズ20である。なお、以下に説明する各実施例では、球面収差補正素子22のディスク側面に回折レンズ構造が形成されているが、これを入射側に設ける事も可能である。

【0039】

【実施例1】図5は、実施例1にかかる球面収差補正素子22と屈折型対物レンズ21と光情報記録媒体であるディスクの光透過層Dとを示す。実施例1の複合対物レンズ20の具体的な数値構成は、表1に示されている。

面番号1、2が球面収差補正素子22、面番号3、4が屈折対物レンズ21、面番号5、6が媒体であるディスクの光透過層Dを示している。表中、NAは開口数、fは全体の焦点距離(単位:mm)、ωは半画角(単位:degree e)、λは使用波長(単位:nm)、 $h_{15}$ は回折レンズ構造の存在する面でのNA0.45に相当する光線の通過高さ(単位:mm)、λBは回折構造の段差設定のための波長、rはレンズ各面の巨視的な曲率半径(単位:mm)、d1は波長λ1に対応する構成の場合のレンズ厚またはレンズ間隔(単位:mm)、d2は波長λ2に対応する構成の場合のレンズ厚(単位:mm)。

$$X = C h^2 / (1 + \sqrt{1 - (1 + K) C^2 h^2}) + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + \dots \quad (6)$$

なお、表1における非球面の曲率半径は、光軸上の曲率半径である。非球面を規定する円錐係数と非球面係数、そして回折レンズ構造を規定する光路差関数係数は、表2に示される。なお、表2における表記Eは、10を基數、Eの右の数字を指数とする累乗を表しており、例え

$$\lambda_1 = 657\text{nm} \quad NA = 0.60 \quad f = 3.50\text{mm} \quad \omega = 1.0^\circ$$

$$\lambda_2 = 785\text{nm} \quad NA = 0.45 \quad f = 3.52\text{mm} \quad \omega = 1.0^\circ \quad h_{15} = 1.60\text{mm}$$

$$\lambda_B = 700\text{nm}$$

面番号	r	d1	d2	n657	n785	v
1	∞	1.000	1.000	1.54056	1.53665	55.6
2	∞	0.200	0.200			
3	2.084	2.400	2.400	1.54056	1.53665	55.6
4	-12.230	1.706	1.344			
5	∞	0.600	1.200			
6	∞					

【0043】

【表2】

第2面	第3面	第4面
K	-0.4400	0.0000
A4	-1.2400E-3	1.9840E-2
A6	-2.2800E-4	-5.8000E-3
A8	-8.6000E-5	4.7300E-4
A10	2.3300E-5	1.0200E-5
A12	-6.3900E-6	0.0000
P2	0.0000	
P4	-1.3200	
P6	-2.1400E-1	
P8	2.5100E-2	
P10	0.0000	

図6は、光透過層Dの厚さが0.60mmである第1のディスクに対応して第1の波長λ1=657nmのレーザー光が射出された場合における実施例1の複合対物レンズ20の

$$\Delta x(h) = MOD(P2h^2 + P4h^4 + P6h^6 + \dots, 1) \times \lambda_B / (n - 1) \quad (7)$$

に従って定まる形状になる。ここで、 $h_{15}=1.60\text{mm}$ より内側の輪帶切替点、即ち、輪帶切替点番号1から11までは、λBを700nmに選び、その外側はλBを657nmに選択

ズ厚またはレンズ間隔(単位:mm)、nは各レンズの波長入nmでの屈折率、vは各レンズのアッペ数である。

【0040】また、屈折対物レンズ21は両面とも非球面であり、その形状は光軸からの高さがhとなる非球面上の座標点の非球面の光軸上での接平面からの距離(サグ量)をX、非球面の光軸上での曲率(1/r)をC、円錐係数をK、4次、6次、8次、10次、12次の非球面係数をA4、A6、A8、A10、A12として、下記式(6)によって表される。

【0041】

……(6)

ば表2に示される第3面の4次の非球面係数A4の値“-1.2400E-3”は“-0.0012400”を意味する。

【0042】

【表1】

諸収差を示す。図6(A)は657nm、649nm、665nmの各波長の球面収差及び色収差、(B)は非点収差(S:サジタル、M:メリディオナル)を示している。グラフ(A)の縦軸は開口数NA、(B)の縦軸は像高Yである。また、横軸は各収差の発生量を示し、単位はmmである。

【0044】さらに、図7は、光透過層Dの厚さが1.20mmである第2のディスクがセットされた場合における実施例1の複合対物レンズ20の状態を示す。図8は、第2のディスクに対応して第2の波長λ2=780nmのレーザー光が射出された場合における実施例1の複合対物レンズ20の諸収差を示す。図6と図8とを比較すると、2つの波長で良好に球面収差が補正されていることがわかる。また、球面収差補正素子22の微細形状は、図2に模式的に示した形になり、輪帶の切替点の光軸からの高さhは、表3に示す通りとなる。その微細形状の実形状は、ベース面が平面であるので、式

する。

【0045】

【表3】

輪帶切替点番号	h (mm)
1	0.907
2	1.069
3	1.176
4	1.258
5	1.326
6	1.384
7	1.434
8	1.480
9	1.521
10	1.559
11	1.594
12	1.627
13	1.658
14	1.688
15	1.715
16	1.742
17	1.767
18	1.791
19	1.815
20	1.837
21	1.859
22	1.880
23	1.900
24	1.920
25	1.939
26	1.957
27	1.975
28	1.993
29	2.011
30	2.027
31	2.044
32	2.060
33	2.076
34	2.092

## 【0046】

 $\lambda_1 = 657\text{nm}$  NA 0.60 f=3.80mm  $\omega=0.9^\circ$  $\lambda_2 = 780\text{nm}$  NA 0.50 f=3.82mm  $\omega=0.9^\circ$   $h_{45}=1.72\text{mm}$  $\lambda_B = 700\text{nm}$ 

面番号	r	d1	d2	n657	n780	v
1	$\infty$	1.500	1.500	1.54056	1.53677	55.6
2	$\infty$	0.250	0.250			
3	2.430	2.840	2.840	1.54056	1.53677	55.6
4	-7.826	1.862	1.500			
5	$\infty$	0.600	1.200			
6	$\infty$					

## 【0050】

【表5】

## 12

【実施例2】図9は、実施例2にかかる球面収差補正素子22と屈折型対物レンズ21と光情報記録媒体であるディスクの光透過層Dとを示す。実施例2の具体的な数値構成は、表4に示されている。第2面、第3面、第4面の円錐係数、非球面係数、第2面に形成された回折レンズ構造を表す光路差関数係数は、表5に示される。

【0047】図10は、光透過層Dの厚さが0.60mmである第1のディスクに対応して第1の波長 $\lambda_1 = 657\text{nm}$ のレーザー光が射出された場合における実施例2の複合対物レンズ20の諸収差を示す。

【0048】図11は、光透過層Dの厚さが1.20mmである第2のディスクがセットされた場合における実施例2の複合対物レンズ20の状態を示す。図12は、第2のディスクに対応して第2の波長 $\lambda_2 = 780\text{nm}$ のレーザー光が射出された場合における実施例2の複合対物レンズ20の諸収差を示す。

【0049】

【表4】

第2面	第3面	第4面
K 0.0000	-0.4400	0.0000
A4 1.5000E-3	-4.2045E-4	1.4000E-2
A6 0.0000	-9.6210E-5	-3.1400E-3
A8 1.5000E-5	4.2851E-6	3.0500E-4
A10 0.0000	-4.6156E-6	-8.0000E-6
A12 0.0000	-4.0000E-7	0.0000
P2 0.0000		
P4 -1.1551		
P6 0.0000		
P8 -1.1550E-2		
P10 0.0000		

実施例2は、球面収差補正素子22の第2面221のベ

$$\Delta x(h) = \text{MOD}(P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots, 1) \times \lambda B / (n - 1)$$

…(8)

に従って定まる回折構造の付加を加えると、輪帶毎にはば一定のサグになり、全ての輪帶を、光軸に垂直な平面として作ることが可能である。その場合、輪帶の段差Tは、波長 $\lambda B = 0.0007\text{mm}$ 、700nmでの屈折率1.53906から、 $T = 0.000700 / (1.53906 - 1) = 0.00130$ である。即ち、 $1.3\mu\text{m}$ と求められる。

#### 【0051】

【実施例3】図13は、実施例3にかかる球面収差補正素子22と屈折型対物レンズ21と光情報記録媒体であるディスクの光透過層Dとを示す。実施例3の具体的な数値構成は、表6に示されている。第2面、第3面、第4面の円錐係数、非球面係数、第2面に形成された回折レンズ構造を表す光路差関数係数は、表7に示される。

$$\lambda 1 = 657\text{nm} \quad NA 0.60 \quad f=3.06\text{mm} \quad \omega=1.1^\circ$$

$$\lambda 2 = 780\text{nm} \quad NA 0.50 \quad f=3.08\text{mm} \quad \omega=1.1^\circ$$

$$\lambda B = 657\text{nm}$$

面番号	r	d1	d2	n657	n780	v
1	$\infty$	1.500	1.500	1.54056	1.53677	55.6
2	$\infty$	0.200	0.200			
3	1.954	2.287	2.287	1.54056	1.53677	55.6
4	-6.293	1.421	1.500			
5	$\infty$	0.600	1.200			
6	$\infty$					

ース面(回折レンズ構造を除く屈折レンズとしての形状が非球面であり、回折構造と屈折構造によって発生する合成された球面収差発生量を、小さくしている。この形態をとることで、球面収差発生素子22透過後の光線の曲がりを最小限にして、球面収差補正素子22と屈折型対物レンズ21との間隔のズレに起因する収差変化を小さくすることができる。また、球面収差補正素子22の微細形状は、図3に模式的に示した形になる。その微細形状の実形状は、非球面のベース面の上に、式

【0052】図14は、光透過層Dの厚さが0.60mmである第1のディスクに対応して第1の波長 $\lambda 1 = 657\text{nm}$ のレーザー光が射出された場合における実施例3の複合対物レンズ20の諸収差を示す。

【0053】図15は、光透過層Dの厚さが1.20mmである第2のディスクがセットされた場合における実施例3の複合対物レンズ20の状態を示す。図16は、第2のディスクに対応して第2の波長 $\lambda 2 = 780\text{nm}$ が射出された場合における実施例3の複合対物レンズ20の諸収差を示す。

#### 【0054】

#### 【表6】

#### 【0055】

#### 【表7】

15

第2面	第3面	第4面
K 0.0000	-0.4430	0.0000
A4 3.2000E-3	-8.8000E-4	2.6900E-2
A6 2.3000E-4	-1.5100E-4	-9.3440E-3
A8 3.8000E-5	-8.5000E-5	1.4050E-3
A10 0.0000	3.0000E-7	-5.7000E-5
A12 0.0000	-8.0200E-6	0.0000
P2 0.0000		
P4 -2.6326		
P6 -1.8917E-1		
P8 -3.1279E-2		
P10 0.0000		

第3の実施例も、球面収差補正素子22の第2面221のベース面(回折レンズ構造を除く屈折レンズとしての形状)が非球面であり、波長λBの場合に回折構造と屈折構造によって発生する球面収差がキャンセルされるように、設定されている。また、全ての輪帯を光軸に垂直な平面として作ることが可能である。その場合、輪帯の段差Tは、波長λB=0.000657mm、657nmでの屈折率1.54056から、 $T=0.000657/(1.54056-1)=0.00122$ である。

【0056】この場合、657nmでは球面収差補正素子22は球面収差を発生しないため、屈折型対物レンズ21は、単独でNA0.60で無収差となるように設計されたものを利用できる。

【0057】したがって、この複合対物レンズ20では、周辺部を段差を持たない平面とするだけで、657nmの透過光量を落とすことなしに、780nmの光束に対してはNA0.45以上部分の光を大きな球面収差によって結像に寄与しないよう、処理できる。

【0058】表8に、前述した条件式(5)と各実施例との対応を示す。この条件式(5)は、全ての実施例が満たしており、これにより、基板(光透過層)の厚さに依る波面収差の変化を、波長の違いによってキャンセルすることができる。

【0059】

【表8】

#### 条件式(5)

実施例1	-11.2
実施例2	-10.9
実施例3	-11.2

【0060】なお、上述した本実施形態による光記録再生装置における光学系は、コリメートレンズ14を備える無限系の装置として構成されているが、本発明は、このようなコリメータレンズを有さずに拡散ビームを複合対物レンズに直接入射させる光学系であっても、適用可能である。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、基板(光透過層)の厚さの相違に起因する球面収差の変

化を、回折レンズ構造の球面収差の変化により、打ち消すことができる。従って、光利用効率が高くなるとともに、光ヘッド用の対物レンズに含まれる屈折型レンズの数を一枚のみにすることが可能になる。その結果、本発明をDVD、CD-R互換系に適用した場合には、対物レンズ周りの可動部分を少なくすることができ、装置のコンパクト化、高速化をはかることができる。

【0062】特に、請求項1のように、互いに異なった複数の波長で同一回折次数光を用いることで、従来の2焦点回折レンズほど光量の損失をしないで、回折レンズによる球面収差の補正を可能とすることができる。また、回折レンズ構造が請求項6の条件を満たすよう設計されている場合には、基板(光透過層)の厚さの相違に起因する球面収差の変化を、回折レンズの波長変動による球面収差の変化により、良好に打ち消すことができる。特に、基板(光透過層)の厚さが厚い場合に、長波長の半導体レーザーを用いることができるようになる。

【0063】さらに請求項10のように、複合対物レンズに入射する光束を平行光束とした構成にすると、高速なトラッキングが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態である光情報記録再生装置の光学構成図

【図2】 図1の球面収差補正素子の形状例を示す正面図(a)及び側面図(b)

【図3】 図1の球面収差補正素子の形状例を示す正面図(a)及び側面図(b)

【図4】 回折効率を示すグラフ

【図5】 第1のディスクをセットした場合における実施例1の複合対物レンズのレンズ構成図

【図6】 第1の波長のレーザー光を射出した場合における実施例1の複合対物レンズの諸収差図

【図7】 第2のディスクをセットした場合における実施例1の複合対物レンズのレンズ構成図

【図8】 第2の波長のレーザー光を射出した場合における実施例1の対物レンズの諸収差図

【図9】 第1のディスクをセットした場合における実施例2の複合対物レンズのレンズ構成図

【図10】 第1の波長のレーザー光を射出した場合における実施例2の複合対物レンズの諸収差図

【図11】 第2のディスクをセットした場合における実施例2の複合対物レンズのレンズ構成図

【図12】 第2の波長のレーザー光を射出した場合における実施例2の対物レンズの諸収差図

【図13】 第1のディスクをセットした場合における実施例3の複合対物レンズのレンズ構成図

【図14】 第1の波長のレーザー光を射出した場合における実施例3の複合対物レンズの諸収差図

【図15】 第2のディスクをセットした場合における実施例3の複合対物レンズのレンズ構成図

【図16】 第2の波長のレーザー光を射出した場合における実施例3の対物レンズの諸収差図

【符号の説明】

- 1 1 半導体レーザー1
- 1 2 半導体レーザー2
- 1 3 ビームコンバイナ
- 1 4 コリメートレンズ

2 0 複合対物レンズ

2 1 屈折対物レンズ

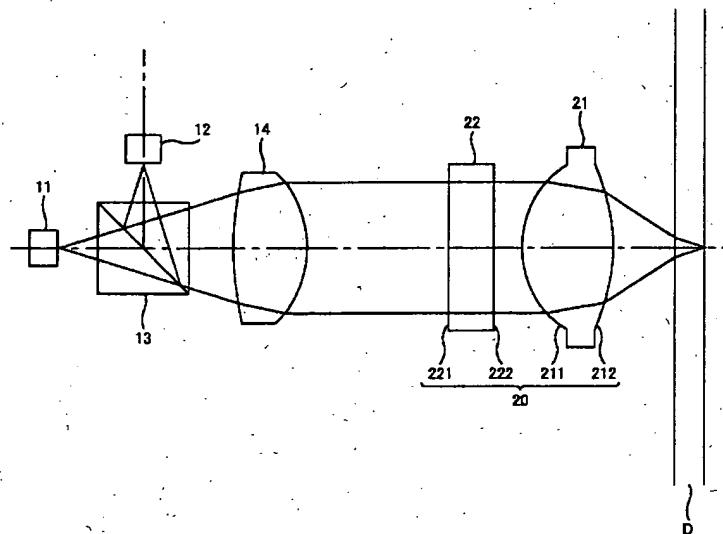
2 2 球面収差補正素子

2 2 1 球面収差補正素子の第1面

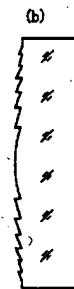
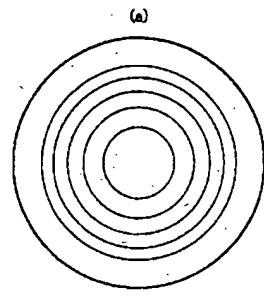
2 2 2 球面収差補正素子の第2面

D ディスクの基板(光透過層)

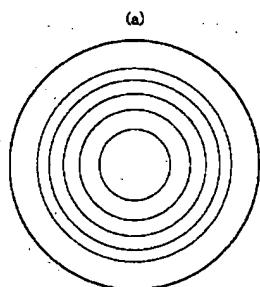
【図1】



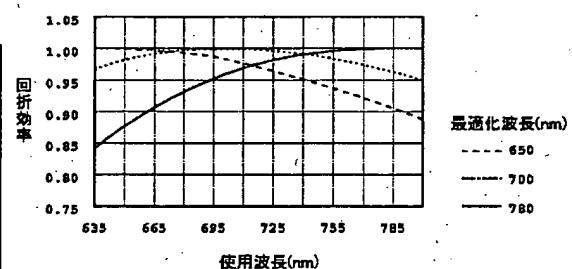
【図2】



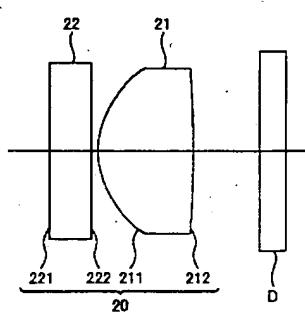
【図3】



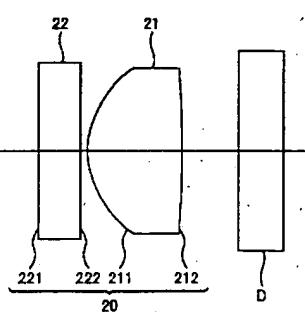
【図4】



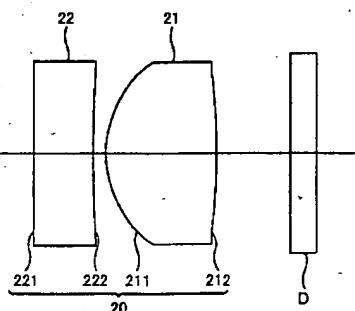
【図5】



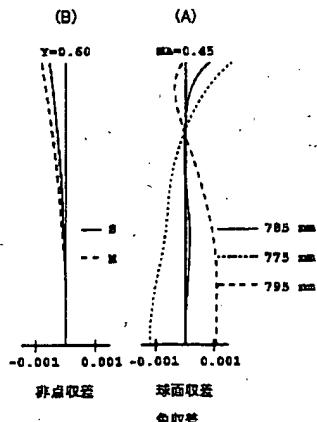
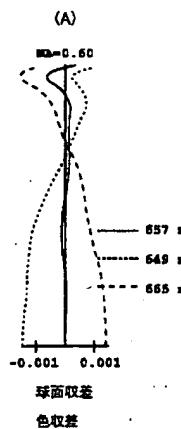
【図7】



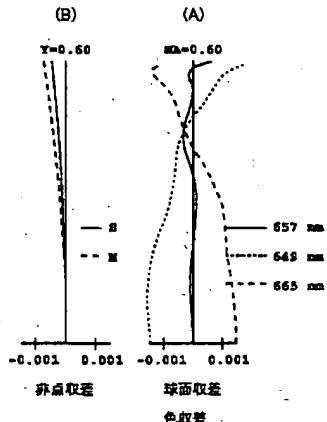
【図9】



【図6】

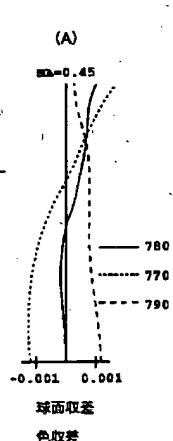
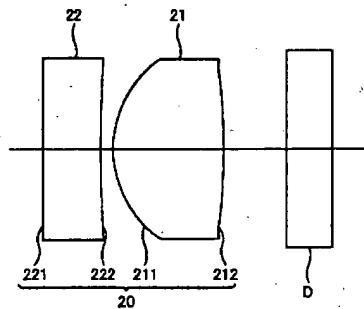


【図8】

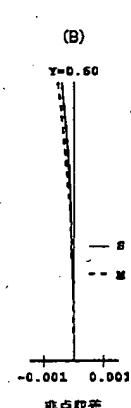
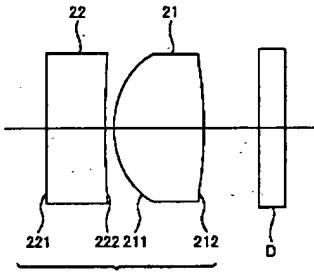


【図1-0】

【図11】

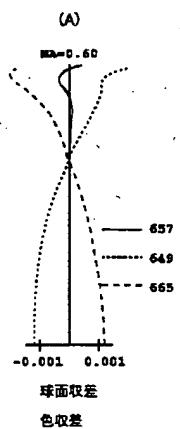


【図12】

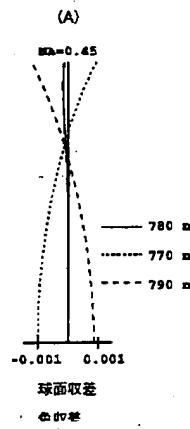


【図13】

【図14】



【図15】



【図16】